

Telemetry device and application thereof to a system for the detection of obstacles

Patent number: DE69312992T
Publication date: 1998-02-12
Inventor: GROSSMANN BENOIST (FR); DEFOUR MARTIN (FR); FERTALA REMI (FR)
Applicant: THOMSON CSF (FR)
Classification:
- **international:** *G01S7/481; G01S7/499; G01S17/89; G01S17/93; G02B26/08; G01S7/48; G01S7/481; G01S17/00; G02B26/08; (IPC1-7): G01S17/88; G01S7/48; G02B26/08*
- **european:** G01S7/481B1; G01S7/499; G01S17/89; G01S17/93A; G02B26/08R2W
Application number: DE19936012992T 19930322
Priority number(s): FR19920003716 19920327

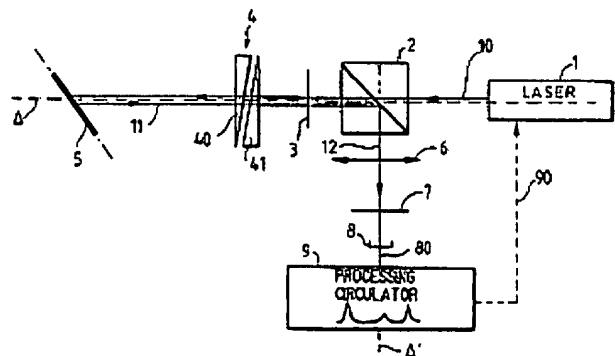
Also published as:

EP0562941 (A1)
US5359403 (A1)
FR2689251 (A1)
EP0562941 (B1)

Report a data error here

Abstract not available for DE69312992T
Abstract of corresponding document: **US5359403**

A telemeter is used to measure the distances between a sequence of points on a target surface. The telemeter includes an emitting source provided with a pulsed laser sending out a pencil of light energy in a determined direction of sight, a contra-rotating wedge communicating, to the pencil, a deflection along an epicycloidal type of scanning pattern in a plane perpendicular to the axis of sight, and a receiver including the same contra-rotating wedge and a photodiode. The disclosed device can be applied more particularly to a system for the detection of obstacles of a wire-shaped type.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Übersetzung der
europäischen Patentschrift**

②⑦ **EP 0 562 941 B1**

⑩ **DE 693 12 992 T 2**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 S 17/88
G 01 S 7/48
G 02 B 26/08

②① Deutsches Aktenzeichen: 693 12 992.1
②⑧ Europäisches Aktenzeichen: 93 400 734.5
②⑧ Europäischer Anmeldetag: 22. 3. 93
②⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 29. 9. 93
②⑦ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 13. 8. 97
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 12. 2. 98

③① Unionspriorität:
9203716 27.03.92 FR
⑦③ Patentinhaber:
Thomson-CSF, Paris, FR
⑦④ Vertreter:
Prinz und Kollegen, 81241 München
⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, SE

⑦② Erfinder:
Grossmann, Benoist, F-92402 Courbevoie Cedex, FR;
Defour, Martin, F-92402 Courbevoie Cedex, FR;
Fertala, Remi, F-92402 Courbevoie Cedex, FR

⑤④ Entfernungsmessgerät und dessen Anwendung in einem System zur Hinderniserkennung

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 693 12 992 T 2

DE 693 12 992 T 2

P 693 12 992.1

09.09.97

1/23

[Bezeichnung der Erfindung:]

Telemetrievorrichtung und deren Anwendung auf ein System für
die Erfassung von Hindernissen

[Beschreibung]

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Telemetrievorrichtung und findet insbesondere Anwendung auf ein System für die Erfassung von Hindernissen, vor allem von Hindernissen, die aus drahtförmigen Gegenständen wie etwa Hochspannungskabeln gebildet sind. Sie betrifft besonders die Systeme für die Erfassung von Hindernissen für Helikopter.

Das Vorhandensein von Kabeln oder drahtförmigen Gegenständen macht die Führung eines Helikopters bei geringer Höhe sehr gefährlich. Dies trifft insbesondere während der Nacht zu, wo herkömmliche Beobachtungsmittel des Typs Infrarotkamera oder Lichtverstärkungs-kamera die Erfassung solcher Ziele nicht ermöglichen.

15 [Stand der Technik]

Es sind zahlreiche Lösungen vorgeschlagen worden, um das Problem der Erfassung solcher Hindernisse zu lösen. Von ihnen können als nicht beschränkende Beispiele einige angegeben werden.

20

In dem Artikel von P. Condom "Evitement d'obstacles pour hélicoptères: une solution en ondes millimétriques", erschienen in Interavia 5, 1985, Seiten 459-460, ist ein Millimeterwellenradar beschrieben worden.

25

Dieses System weist den Nachteil auf, daß es eine verringerte Empfindlichkeit besitzt, wenn der Einfallswinkel zwischen dem Kabel und der Beobachtungsachse groß ist. Diese Beschränkung muß direkt mit dem Bereich der verwendeten Wellenlänge in Beziehung gesetzt werden. Für Millimeterwellenlängen herrscht die Spiegelreflexion vor. Dies führt zum Fehlen von seitlichen Diffusionskegeln.

Messungen von "äquivalenten Laseroberflächen" von elektrischen Kabeln mit Wellenlängen im Infrarotbereich haben gezeigt, daß dieser Wellenlängenbereich sehr gut an die Erfassung von Kabeln angepaßt ist. Die diffuse Reflexion ermöglicht nämlich, Echos bei hohen Einfallswinkeln zu erhalten.

Ein CO₂-Laser, der bei einer Wellenlänge von 10,6 µm emittiert, kann als aktive Quelle verwendet werden. Es kann das LOTAWS-Projekt erwähnt werden. Die Erfassung von Kabeln
5 erfolgt bei dieser Wellenlänge. Dieses Projekt ist in einem Bericht der amerikanischen Armee mit dem Titel "Laser obstacle terrain avoidance warning system", R & D Technical Report ECOM 0145.3, ECOM 72 0145.4, ECOM 0145.2, United States Army Electronics Command, Fort Monmouth NJ, 1972-1973,
10 beschrieben. Probleme hinsichtlich der Kompaktheit begrenzen indessen die Verwendung einer solchen Laserquelle in Helikoptern erheblich.

Es sind außerdem Vorrichtungen vorgeschlagen worden, die auf
15 einer Art Fernsehabtastung basieren. Eine erste Vorrichtung dieses Typs ist in dem Artikel von M. Eibert: "Laser radar based obstacle avoidance system for helicopters", ERF91 20, Seiten 185-193, beschrieben. Diese Vorrichtung verwendet Laserdioden, die bei 0,8 µm emittieren.

20 Die Abtastung der Beobachtungsachse wird mechanisch und elektronisch mit einer Abtastfigur des Fernsehtyps erhalten. Die elektronische Abtastung wird in einer Richtung durch Verwendung einer Reihenanzordnung von Laserdioden, die sequen-
25 tiell emittieren, erhalten. Analog wird beim Empfang eine Reihenanzordnung von Detektoren verwendet, die in Phase mit der Reihenanzordnung von Laserdioden arbeitet. Die andere Abtastrichtung wird mechanisch mit Hilfe eines oszillierenden Spiegels erhalten. Diese Vorrichtung weist den Nachteil auf,
30 daß sie Multiplexierungstechniken verwendet, um den Sender und den entsprechenden Empfänger zeitlich in Phase zu bringen. Außerdem führt die mechanische Abtastung, d. h. der oszillierende Spiegel, zu Ansammlungen von Punkten an den Enden.

35 Eine zweite Vorrichtung dieses Typs ist in einer Verkaufsbroschüre der Firma Northrop beschrieben. Dieses System wird "OASYS" für "Obstacle Avoidance System" genannt und ist in

dem Artikel von B. Nordwall mit dem Titel: "Army Seeks System to Detect Wires. So Helicopter Pilots can Fly Fast, Low"; Aviation Week & Space Technology, 22. Januar 1990, Seiten 77-81, beschrieben.

5

Die Vorrichtung verwendet eine Laserdiode, die bei einer Wellenlänge von 0,9 μm sendet. Die Abtastung der Beobachtungsachse wird mit einer holographischen Abtastung erhalten. Das beschriebene Motiv ist ebenfalls eine Abtastfigur des

10 Fernsehtyps. Dieses System erfordert die Verwendung eines Hologramms, dessen Durchmesser zweimal größer als jener der Empfangspupille ist. Es wird daher auf Höhe der Empfangspupille nur ein Äquivalent von 25 % der Leistung wiedergewonnen.

15

Eine weitere Vorrichtung, die aus dem Patent US 4 572 662 bekannt ist, verwendet ein System für die Erfassung von Kabeln mit einem CO_2 -Laser, der einer heterodynischen Erfassung zugeordnet ist, dieses Erfassungssystem ist jedoch nicht

20 ausreichend, weil es hinsichtlich der Position der erfaßten Hindernisse in der Landschaft insbesondere bei Nachtbeobachtung keinerlei Lehre angibt.

Es können außerdem die passiven Erfassungssysteme erwähnt

25 werden. In diesem Fall wird das Kabel über ein durch den Strom erzeugtes Magnetfeld erfaßt. Die Erfassung ist daher nur dann möglich, wenn die elektrischen Kabel unter Spannung stehen, was den Anwendungsbereich erheblich einschränkt. Ein solches Verfahren ist in dem Artikel von K. E. Potter u. a.

30 mit dem Titel "Technique for overhead-wire detection", IEEE Proc., Bd. 128, Nr. 7, Dezember 1981, Seiten 427-432, beschrieben..

[Aufgabe der Erfindung]

Die Erfindung zielt auf die Beseitigung der Nachteile der

35 Vorrichtungen des Standes der Technik, an die eben erinnert worden ist.

Hierzu verwendet die Vorrichtung der Erfindung eine Impuls-
laserdiode, beispielsweise eine Diode, die im Infrarotbereich
bei 0,9 μm emittiert, zusammen mit einem Abtastsystem mit
Diasporameter. Das vom Kabel oder allgemeiner von den Hinder-
5 nissen zurückgestreute Signal wird anschließend erfaßt. Es
wird eine Telemetrie ausgeführt. Diese ist durch die Zeit für
den Hin- und Rücklauf des Laserimpulses gegeben. Um nur die
Echos zu erhalten, die dem zu erfassenden Kabel entsprechen,
wird auf ein Verfahren für die Entnahme von Flugobjekten
10 zurückgegriffen. Es werden anschließend Verfahren für die
Wiedererkennung von Formen verwendet, um die gewünschten
Hindernisse, z. B. die Kabel, zu entnehmen. Die Echos werden
anschließend den Bildern einer Kamera des CCD-Typs oder
irgendwelchen anderen geeigneten Beobachtungsmitteln
15 "aufgeprägt".

Die mit einem Diasporameter erhaltene Abtastfigur ist insbe-
sondere für die Erfassung von Hindernissen geeignet, weil der
Befüllungsgrad in der Feldmitte größer ist. Die Ausführung
20 einer solchen Abtastung ist andererseits sehr einfach und
bleibt mit Pupillen mit großen Abmessungen kompatibel. Diese
Konfiguration empfiehlt sich daher besonders für Systeme, die
mit Laserquellen mit geringer Leistung arbeiten oder eine
große Reichweite erfordern.

25 Der minimale Platzbedarf der Diasporameter ermöglicht die
Optimierung der Empfangspupille, weil die Abmessung der
Prismen im wesentlichen gleich der Abmessung der Empfangspu-
pille ist.

30 Die Erfindung hat daher eine Telemetrievorrichtung nach
Anspruch 1 zum Gegenstand.

Die Erfindung wird besser verständlich und weitere Merkmale
35 und Vorteile werden deutlich beim Lesen der folgenden Be-
schreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren, von
denen:

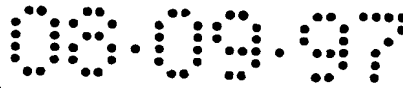
08.09.97

6/23

- Fig. 1 eine Vorrichtung gemäß der Erfindung schematisch veranschaulicht;
- die Fig. 2 und 3 die Funktionsweise eines Diasporameters
5 veranschaulichen;
- Fig. 4 ein Beispiel einer "Abtastfigur" ist, die im Rahmen der Erfindung verwendet wird;
- 10 - Fig. 5 die Veränderung der Winkeltrennung in beliebigen Einheiten zwischen zwei aufeinanderfolgenden Punkten in Abhängigkeit vom Ablenkwinkel des zu einem Diasporameter äquivalenten Prismas veranschaulicht;
- 15 - Fig. 6 den Prozeß der Erfassung eines Hindernisses veranschaulicht;
- Fig. 7 einen besonderen Punkt des in der Erfindung ausgeführten Verfahrens unter Berücksichtigung der wirklichen
20 Charakteristiken eines Laserstrahlenbündels, insbesondere seiner Divergenz, veranschaulicht;
- Fig. 8 ein Zeitablaufdiagramm ist, das den Prozeß der Entnahme von einem Hindernis entsprechenden Echos veranschau-
25 licht;
- die Fig. 9 und 10 vollständiger die Erfassung eines drahtförmigen Gegenstandes und den Prozeß der Entnahme von ihm kennzeichnenden Hauptparametern veranschaulichen.
- 30 **[Beispiele]**
Fig. 1 zeigt schematisch eine Erfassungsvorrichtung gemäß der Erfindung in einer bevorzugten Ausführungsform.

Um im folgenden die Ideen anzugeben, ohne dadurch die Reich-
35 weite der Erfindung einzuschränken, wird angenommen, daß das zu erfassende Hindernis ein Kabel des Typs für den Transport von elektrischer Energie unter Hochspannung ist und daß die Vorrichtung für einen Helikopter vorgesehen ist.

- Wie erwähnt worden ist, ist die verwendete Quelle 1 eine Impulslaserdiode. Die Impulsleistung liegt typischerweise in der Größenordnung von 100 W. Die Sendewellenlänge beträgt
- 5 0,9 μm , d. h. sie liegt im Infrarotbereich. Der Lichtimpuls 10, der auf einer Beobachtungsachse Δ ausgesendet wird, durchquert ein Diasporameter 4, dessen Rolle später genauer beschrieben wird.
- 10 Falls der so ausgesendete Strahl 10 von einem Kabel 5 (und allgemeiner von einem Hindernis) abgefangen wird, wird er ganz oder teilweise in Form eines Echos zur Erfassungsvorrichtung reflektiert oder zurückgestreut (Strahl 11).
- 15 Damit in der in Fig. 1 gezeigten bevorzugten Ausführungsvariante nur eine einzige Abtastvorrichtung notwendig ist, wird eine gemeinsame Sende-/Empfangsoptik mit Trennung der Lichtpolarisation verwendet. Die Trennung wird beispielsweise durch die Verwendung eines Würfels 2 zum Trennen der Polari-
- 20 sation und eines Viertelwellenlängenplättchens 3 erhalten. Das Diasporameter wird daher beim Senden und beim Empfang verwendet. Beim Senden wird der von der Quelle 1 ausgesendete Strahl 10 linear polarisiert (z. B. vertikal) und vom Würfel 2 für die Trennung der Polarisation übertragen. Er durchquert
- 25 das Viertelwellenlängenplättchen 3, das eine Transformation in zirkuläre Polarisation (beispielsweise rechtsdrehend) vornimmt. Nach der Reflexion oder Rückstreuung besitzt der aufgefangene Strahl 11 eine entgegengesetzte Polarisation (im Beispiel linksdrehend). Beim Empfang durchquert der aufgefan-
- 30 gene Strahl 11 das Viertelwellenlängenplättchen 3, woraus eine lineare Polarisation (im Beispiel horizontal) resultiert. Er wird vom Würfel 2 für die Trennung der Polarisation längs einer zur Achse Δ senkrechten Achse Δ' reflektiert. Der so reflektierte Strahl 12 wird durch eine Linse 6 reflek-
- 35 tiert, durchquert ein Interferenzfilter 7, das dazu bestimmt ist, nur ein Wellenlängenband durchzulassen, das um die Sendewellenlänge der Laserquelle 1 zentriert ist. Er wird anschließend von einer Lawinenphotodiode 8 oder jedem anderen



geeigneten Erfassungsmittel erfaßt. Die Photodiode 8 setzt die Lichtenergie in ein elektrisches Signal 80 um, das von Signalverarbeitungsmitteln 9 ausgewertet werden kann. Diese enthalten Analog-Digital-Umsetzungsmittel für das elektrische
5 Signal 80, das von der Photodiode 8 geliefert wird.

Diese Verarbeitungsmittel enthalten (nicht gezeigte) Steuerungsschaltungen, die ein Steuersignal 90 für die Laseremission erzeugen.

10

Die Abtastung der Beobachtungsachse, die durch die Achse Δ dargestellt ist, wird kraft des Diasporameters 4 erhalten, das aus zwei Prismen 40 und 41 gebildet ist, die sich in entgegengesetzter Richtung in einem Untersetzungsverhältnis
15 typischerweise von 10 drehen. Die beiden Prismen 40 und 41 beschreiben daher gleichmäßige Drehbewegungen, mit denen die Notwendigkeit eines Rückgriffs auf eine Synchronisation oder eine Harmonisierung beseitigt wird. Der Auffrischungstakt des Bildes ist durch die Rotationsgeschwindigkeit des langsamsten
20 Prismas bestimmt. Es können somit Bildtakte in der Größenordnung von einigen Hertz erzielt werden.

Fig. 2 zeigt die Funktionsweise eines Diasporameters. Ein optisches Element dieses Typs ist beispielsweise in dem Buch
25 von G. Broussaud: "Optoélectronique"; Masson & Co, Hrsg., 1974, Seiten 174-175, beschrieben. Es wird kurz an die Eigenschaften erinnert. Dieses optische Element gehört zur Kategorie der mechanischen optischen Ablenkvorrichtungen. Es verwendet zwei völlig gleiche Prismen P1 und P2, die Rückseite an Rückseite angeordnet sind und die sich um dieselbe Achse Z
30 (Achse Δ in Fig. 1) drehen können.

Die Prismen P₁ und P₂ entsprechen den Prismen 40 und 41 von Fig. 1. Das Diasporameter wird auf einen Koordinatensystem
35 eines orthonormierten Dreiflächners mit Achsen OZ, OX und OY bezogen.

Es werden die folgenden Konventionen übernommen:

- \vec{N}_1 und \vec{N}_2 sind die Normalen (Einheitsvektoren) zu den äußeren Flächen 400 und 410 der Prismen P_1 und P_2 .
- OZ ist die Drehachse (Achse Δ in Fig. 1).
- α_1 und α_2 sind die Winkelpositionen der Prismen in bezug auf die Achse OX.
- A ist der gemeinsame Scheitelwinkel.

Die Koordinaten der Vektoren \vec{N}_1 und \vec{N}_2 in bezug auf die Achsen des Koordinatendreiflächners gehorchen den folgenden Beziehungen:

$$\vec{N}_1 = \begin{cases} \sin A \cos \alpha_1 \\ \sin A \sin \alpha_1 \\ \cos A \end{cases} \quad (1)$$

$$\vec{N}_2 = \begin{cases} \sin A \cos \alpha_2 \\ \sin A \sin \alpha_2 \\ \cos A \end{cases} \quad (2)$$

- Der Winkel Ψ , der \vec{N}_1 und \vec{N}_2 trennt, ist außerdem der Scheitelwinkel des äquivalenten Prismas. Er ist durch die folgende Beziehung gegeben:

$$\cos \Psi = \sin^2 A \cos(\alpha_2 - \alpha_1) + \cos^2 A \quad (3)$$

- Es sind mehrere Betriebsmodi möglich. Der nützlichste Modus im Rahmen der bevorzugten Ausführungsvariante der Vorrichtung gemäß der Erfindung ist derjenige, bei dem die Prismen zu Winkelgeschwindigkeiten angetrieben werden, wovon eine ein ganzzahliges Vielfaches der anderen ist, wobei ihre Richtungen entgegengesetzt sind: Gegenrotation.

- Falls die Kreisfrequenz mit ω bezeichnet wird, gilt beispielsweise:

$$\alpha_1 = -\omega t \quad (4)$$

$$\alpha_2 = \rho \omega t \quad (5)$$

Daraus kann die Ablenkung δ des abgelenkten Strahls R_d in bezug auf die Richtung des einfallenden Strahls R_i , der parallel zur Achse OZ (Emissionsachse Δ der Laserquelle 1) angenommen wird, abgeleitet werden. Die Ablenkung ist durch
5 die folgende Beziehung gegeben:

$$\delta = 2A(n - 1) \sin\left(\frac{P + 1}{2} \omega t\right) \quad (6)$$

Die Ebene des abgelenkten Strahls ist durch den einfallenden
10 Strahl R_i und die Normale zur Kante des Prismas definiert, die nichts anderes als die äußere Winkelhalbierende des Winkels ist, der durch die Vektoren \vec{N}_1 und \vec{N}_2 gebildet wird. Diese Winkelhalbierende befindet sich in der Ebene XOY und bildet mit OX einen Winkel θ , der durch die folgende Bezie-
15 hung gegeben ist:

$$\theta = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \frac{\pi}{2} = \frac{P - 1}{2} \omega t + \frac{\pi}{2} \quad (7)$$

In der Ebene XOY, die zur Achse Z (d. h. zur Achse Δ) senkrecht ist, definieren die Beziehungen (6) und (7) eine epizykloidische Abtastung.

Fig. 3 veranschaulicht den Verlauf der Kurve, die die Abtastung beschreibt.

25

Die Kurve ist in einen Kreis C eingeschrieben. Sie tangiert diesen Kreis C an gleichbeabstandeten Punkten: Die Kreisbögen a_1, a_2, a_3 usw. entsprechen den Winkeln

$$30 \quad \Delta\theta = \frac{2\pi}{\omega(p + 1)} \quad (8)$$

und entsprechen außerdem den Durchlaufzeiten, die durch die Zeitintervalle Δt getrennt sind, die gleich

$$\Delta t = \frac{2\pi}{\omega(p+1)} \quad (9)$$

sind.

- 5 Sämtliche Segmente der Abtastkurve, wovon zur Erläuterung acht, d. h. C_1 bis C_8 , dargestellt worden sind, verlaufen durch die Achse OZ, d. h. durch die Emissionsachse Δ .

- 10 Fig. 4 veranschaulicht die Abtastfigur, die mit zwei in entgegengesetzter Richtung mit einem Untersetzungsverhältnis von 10 rotierenden Prismen erhalten wird, wie angegeben worden ist. Das Gesichtsfeld hängt in Fig. 3 nur vom Scheitelwinkel der verwendeten Prismen ab, wobei der Gesichtswinkel $\pm 15^\circ$ in bezug auf die durch die Achse Δ dargestellte
15 Beobachtungsachse beträgt.

- Die erhaltene Abtastfigur weist den Vorteil auf, daß sie gleich beabstandete Punkte bis auf $\pm 10\%$ besitzt. Die beiden Prismen können daher mit konstanter Winkelgeschwindigkeit
20 gedreht werden, wobei dennoch gleichbeabstandete Punkte sichergestellt sind. Es findet keinerlei Ansammlung von Punkten an den Enden statt. Eine Abtastung mit Diasporameter empfiehlt sich insbesondere für Pupillen mit großen Abmessungen, wobei die Prismen gleichmäßige Drehbewegungen ausführen.
25

- Fig. 5 veranschaulicht die Veränderung der Winkeltrennung S_a (auf der Ordinate) in beliebigen Einheiten zwischen zwei aufeinanderfolgenden Punkten in Abhängigkeit vom Ablenkwinkel δ (auf der Abszisse) des Prismas, das zu dem Diasporameter
30 äquivalent ist. Das Untersetzungsverhältnis der Geschwindigkeiten ist wie oben gleich 10 gewählt. Es wird festgestellt, daß die Veränderung der Trennung oder der Winkelgeschwindigkeit kleiner als $\pm 10\%$ bleibt.

- 35 Das Untersetzungsverhältnis kann selbstverständlich erhöht werden. In diesem Fall wird die Anzahl der Rosetten und daher

der Befüllungsgrad des Bildes erhöht. Im gezeigten Beispiel ist die Anzahl der Rosetten gleich elf (Fig. 4: C₁ bis C₁₁).

5 Nun wird erneut auf Fig. 1 Bezug genommen, in der angegeben ist, daß die von der Vorrichtung der Erfindung eingefangenen Lichtsignale durch eine Photodiode 8 in elektrische Signale 80 umgesetzt werden und an Verarbeitungsschaltungen 9 übertragen werden. Die Funktionsweise dieser Schaltungen wird nun erläutert.

10

Gewöhnlich bestehen die Ziele, die für eine Erfassungsvorrichtung wie etwa jene der Erfindung festgelegt werden können, einerseits darin, das Vorhandensein eines Hindernisses vorauszusehen, und andererseits darin, es zu kennzeichnen.

15

Das erste Ziel ist leicht einsehbar, weil es sich um ein in Bewegung befindliches Fahrzeug handelt, das auf ein Hindernis zusteuert, was vermieden werden muß.

20

Um dieses Ziel zu erreichen, ist die von der Erfassungsvorrichtung ausgeführte Maßnahme eine Telemetrie-Messung. Es wird zu jedem Zeitpunkt der Abstand gemessen, der das Fahrzeug einerseits vom überflogenen Bodenrelief und andererseits von eventuellen Hindernissen trennt.

25

Fig. 6 veranschaulicht diesen Prozeß.

Es ist ein Helikopter H_e dargestellt, der ein Bodenrelief T mit einer mehr oder weniger regelmäßigen Form überfliegt.

30

Durch die Wirkung der obengenannten Abtastung verändert sich der gemessene Abstand konstant, jedoch a priori bei Abwesenheit von Hindernissen kontinuierlich. In Fig. 6 verändert sich der gemessene Abstand bei Abwesenheit eines Hindernisses zwischen d_{min} und d_{max}. Die üblichen Telemetrieverfahren

35

können ausgeführt werden. Es ist erwähnt worden, daß die Laserquelle im Impulsmodus arbeitet. Es ist daher ausreichend, die Zeit zu messen, die für einen Hin- und Rücklauf nach einer Reflexion oder Rückstreuung erforderlich ist. Wenn

die Lichtgeschwindigkeit bekannt ist, kann der Abstand ohne Schwierigkeit berechnet werden.

Hingegen findet bei Vorhandensein eines Hindernisses, beispielsweise eines Drahts 5, bei einer Erfassungsabtastung eine plötzliche Veränderung des mittels Telemetrie gemessenen Abstandes statt.

Das ausgesendete Strahlenbündel ist jedoch nicht unendlich fein, weil es einen endlichen Divergenzwinkel besitzt.

Dieses Phänomen ist in Fig. 7 schematisch gezeigt.

Zu jedem Abtastzeitpunkt weist das ausgesendete Bündel einen Divergenzwinkel β auf. Es wird eine bestimmte Anzahl von Echos erhalten, die den gemessenen Abständen entsprechen. Wenn das Bündel das Kabel 5 beleuchtet und falls der Divergenzwinkel β größer als der Gesichtswinkel des Kabels 5 ist, wird eine bestimmte Anzahl von Echos erhalten, die dem Kabel 5 im Abstand d und dem Bodenrelief T im Abstand d' entsprechen. Um daraus resultierende Unsicherheiten zu vermeiden, wird nur das erste empfangene Echo beibehalten, d. h. dasjenige, das im gezeigten Beispiel dem gemessenen Abstand d entspricht.

25

Außerdem wird für die Vermeidung von Fehlalarmen ein Schwellenwert verwendet. Es ist günstig, das Vorhandensein eines Hindernisses anzunehmen, wenn die folgende Beziehung erfüllt ist:

$$|d_2 - d_1| > \text{Schwellenwert} \quad (10)$$

Dann wird von einem sogenannten "Luft"-Echo gesprochen. Die aufeinanderfolgenden Messungen d_{\min} bis d_{\max} entsprechen nämlich Abständen, die den Helikopter H_e vom Boden trennen. Sie können übrigens bei Kenntnis der Höhe h des Helikopters durch jedes geeignete Mittel auf relative Höhen zurückgeführt werden. Im folgenden wird deutlich, daß die Vorrichtung der Erfindung hierzu ebenfalls verwendet werden kann.

Hingegen entspricht die Erfassung einer plötzlichen Veränderung der Telemetrie a priori der Erfassung eines Luft-Hindernisses.

- 5 Dies ist bei dem in Fig. 6 gezeigten Kabel 5 der Fall. Dieses befindet sich nicht nur näher beim Helikopter als das Bodenrelief T, sondern außerdem auf einer Höhe h_1 in bezug auf die lokale Vertikale.
- 10 Für die betrachtete Anwendung muß in einer bevorzugten Variante der Erfindung eine zusätzliche Unterscheidung vorgenommen werden. Es ist nämlich erwünscht, bestimmte Typen von Hindernissen sichtbar zu machen, die mit herkömmlichen Mitteln, Kameras usw., nicht erfaßt werden können. Es handelt
- 15 sich insbesondere um drahtförmige Gegenstände wie etwa Hochspannungskabel. Diese Gegenstände sind vor allem durch einen geringen Durchmesser gekennzeichnet.

- 20 Eine plötzliche Veränderung der Telemetrie kann plötzlichen Veränderungen des Bodenreliefs, beispielsweise dem Vorhandensein eines Turms, einer Brücke oder irgendeinem anderen Gebäude, entsprechen.

- 25 Dies führt daher dazu, ein zusätzliches Kriterium hinsichtlich der Abmessung des erfaßten Gegenstands anzuwenden, um keine Echos beizubehalten, die große Hindernisse kennzeichnen.

- 30 Die eigentliche Erfassung eines Hindernisses durch die Verarbeitungsschaltungen 9 (Fig. 1) kann einfach ausgeführt werden.

- 35 Fig. 8 ist ein Zeitablaufdiagramm, das den Erfassungsprozeß veranschaulicht. Die Schaltungen 9 (Fig. 1) empfangen zu jedem Zeitpunkt elektrische Signale, die durch die Photodiode 8 aus den eingefangenen Lichtsignalen umgesetzt worden sind.

Die Schaltungen 9 enthalten Steuerelemente für die Emission der Laserquelle 1, die in Fig. 1 durch eine Steuerverbindung 90 schematisch dargestellt sind. Herkömmlicherweise wird die zwischen dem Senden und dem Empfangen verstreichende Zeit
5 gemessen; außerdem wird der Telemetriewert berechnet, d. h. der Abstand d_1 , der die Vorrichtung der Erfindung vom Bodenrelief oder von einem eventuellen Hindernis trennt.

Im oberen Teil von Fig. 8 ist die Veränderung der Telemetrie d_1 in Abhängigkeit von der Zeit t dargestellt worden. Das
10 Zeitintervall $0-t_3$ zeigt nur einen Teil der im Diagramm von Fig. 4 veranschaulichten Abtastfiguren. Es ist angenommen worden, daß während dieses Zeitintervalls die dem Bodenrelief T entsprechende Telemetrie sich wenig verändert: Der gemessene
15 Abstand ist im wesentlichen d_1 .

Hingegen fällt zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 der gemessene Abstand plötzlich zum Wert d_2 ab. Das Zeitintervall t_1-t_2 steht mit der Dicke des Kabels und allgemeiner mit der
20 Dicke des Hindernisses in einer eindeutigen Beziehung. Die Abtastgeschwindigkeit ist nämlich bis auf die Genauigkeit des Diasporameters im wesentlichen konstant.

In einer bevorzugten Variante wird der differentielle Wert
25 der gemessenen Telemetriemerte berechnet. Die erhaltene Kurve ist in dem Zeitablaufdiagramm im unteren Teil von Fig. 8 dargestellt. Dieses Zeitablaufdiagramm zeigt die Veränderung des Signals $[d(d_1)/dt]$. Diese Signale können beispielsweise von einem Zähler verwendet werden, der durch ein Taktsignal
30 betätigt wird. Die Amplitude der Zählung zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 ist dann zur Dicke des Hindernisses proportional. Sie kann von digitalen Mitteln direkt verwendet werden. Der erhaltene Wert kann mit einem Sollwert verglichen werden, wenn a priori der Maximalwert des Durchmessers eines
35 Kabels bekannt ist oder wenn in einer anderen Variante der Maximalwert auf die Abmessungen von Gegenständen festgelegt wird, die erfaßt werden sollen.

Fig. 9 zeigt teilweise eine "Abtastfigur", die unter den gleichen Bedingungen wie die in Fig. 4 gezeigte "Abtastfigur" erhalten wird, wobei der Prozeß der Entnahme eines drahtförmigen Gegenstandes veranschaulicht ist. Die Abschnitte der

5 Kurve sind gestrichelt dargestellt worden und geben die Telemetrieergebnisse an. Gemäß dem, was eben beschrieben worden ist, werden nur die Signale entnommen, für die das Luftobjekt-Kriterium und das Dickenkriterium für erfaßte

10 bei einer Abtastung gehen aus dem Diagramm von Fig. 9 in Form von fett gezeichneten Kurvensegmenten P_i hervor.

Die so erfaßten Luftechos können anschließend einer Kamera, beispielsweise des Typs CCD ("Charge Coupled Device"), oder

15 irgendwelchen anderen Anzeigemitteln aufgeprägt werden: Nachtsichtbrillen, "FLIR" ("Forward Light Infrared Receiver") oder Katodenstrahlröhre.

Für bestimmte Typen von Anzeigemitteln kann die in Fig. 9

20 gezeigte "Abtastfigur" direkt oder durch Aufprägung angezeigt werden.

Aus Vereinfachungsgründen sind nur diejenigen Segmente der Kurve entnommen worden, von denen angenommen wird, daß sie

25 eine Erfassung eines Kabels oder allgemeiner eines drahtförmigen Objekts repräsentieren. Es kann indessen in einem nicht gezeigten Ausführungsbeispiel auf eine Anzeige in "falschen Farben" zurückgegriffen werden, die eine Zuordnung einer gemessenen Strecke oder genauer eines Streckenbereichs zu

30 einer Farbe ermöglichen würde. In diesem Fall werden die Kurven vollständig angezeigt und weisen Segmente mit unterschiedlichen Farben auf.

Den Segmenten P_i (Fig. 9) werden zwei Parameter zugeordnet:

35 Ihre eigenen Längen, die ermöglichen, sie als Hindernisse des gesuchten Typs zu identifizieren, und eine oder mehr Farben, die den Abstand angeben, der die verschiedenen Punkte des erfaßten Objekts von der Vorrichtung der Erfindung trennt.

In diesem Fall entsprechen die anderen Segmente normalerweise den Abständen, die die verschiedenen Punkte des Bodenreliefs von der Vorrichtung der Erfindung trennen.

5

Die Anzeigevorrichtung von Fig. 9 enthält zwei mit Skalen versehene, orthogonale Achsen, die zu den Achsen OY und OX eines zweidimensionalen Bezugssystems, in dem die Achse OX die Horizontale repräsentiert, parallel sind.

10

Unter einem ergonomischen Gesichtspunkt könnte dieses Anzeigeverfahren jedoch nicht als zufriedenstellend angesehen werden. In den meisten Fällen ist es dann nur notwendig, die Segmente anzuzeigen, die den Erfassungen von drahtförmigen
15 Objekten entsprechen (Segmente P_i).

Dann kann das Verfahren verbessert werden, indem ein bekanntes Formwiedererkennungsverfahren ausgeführt wird: beispielsweise das Verfahren der kleinsten Quadrate. Wenn erneut auf
20 Fig. 9 Bezug genommen wird, wird leicht festgestellt, daß bis auf die Genauigkeit der Messungen die Segmente P_i aufeinander ausgerichtet sind. Ein Verfahren wie etwa das obengenannte Verfahren ermöglicht die Anzeige einer Geraden D auf dem Bildschirm, wie durch Fig. 10 gezeigt ist.

25

Die genaue Natur der Kurve D hängt selbstverständlich von der wirklichen Konfiguration des Hindernisses ab. Mit anderen Worten, es handelt sich nicht streng um eine Gerade. Außerdem können gleichzeitig in gleichen oder verschiedenen Abständen
30 mehrere Hindernisse vorhanden sein. Zur Veranschaulichung des ersten Falls kann eine Hochspannungsleitung, die mehrere Kabel umfaßt, erwähnt werden.

Die Anzahl der angezeigten Punkte (oder Kurvensegmente) hängt
35 selbstverständlich vom "Befüllungsgrad" der Abtastfigur ab. Dieser kann jedoch nicht unendlich erhöht werden, weil die Abtastzeit ebenfalls ansteigt, weshalb die "Auffrischungs-frequenz" des Bildes bei gegebenen relativen Drehgeschwindig-

keiten der Prismen des Diasporameters abfällt. Dies führt somit zu Kompromissen, die von der in Betracht gezogenen Anwendung abhängen.

- 5 Die Gerade D ist im gezeigten Beispiel letztlich eine angenäherte Darstellung des zu erfassenden Hindernisses. Diese Gerade kann ihrerseits einem Bild aufgeprägt werden, das von einer herkömmlichen Kamera stammt, die die drahtförmigen Hindernisse nicht erfassen kann, jedoch ein vollständiges
10 Bild des überflogenen Bodens liefert.

- Außerdem können Abschnitten der Geraden D in Abhängigkeit von den gemessenen Abständen, die den verschiedenen Punkten P_1 zugeordnet sind, Farben zugewiesen werden; daraus ergibt sich
15 der Gedanke von relativen Abständen, die die Vorrichtung der Erfindung von den verschiedenen Punkten des erfaßten Gegenstandes trennt.

- Außerdem können dem Bildschirm an den Stellen der Punkte P_1
20 digitale Werte aufgeprägt werden, wobei dann eine monochrome Anzeige ausgeführt wird.

- Hierbei handelt es sich nur um einige der Ausführungsvarianten, die im Gebiet der Anzeige möglich sind.
25

- Die Vorrichtung der Erfindung, wovon eben verschiedene Ausführungsvarianten beschrieben worden sind, kann verwendet werden, um eine Höhenmessung in bezug auf den Boden auszuführen. In diesem Fall muß die Vorrichtung in eine gyrostabilisierte Plattform integriert sein, um Bewegungen des Trägers zu beseitigen. Sie kann außerdem als Hinderniswarnvorrichtung auf einer Bahn (die zu der bekannten Vorrichtung unter der Bezeichnung "GPWS" oder "Ground Proximity Warning System" analog ist) oder allgemeiner für die Ausführung einer Boden-
30 verfolgung verwendet werden.
35

Die obenbeschriebene Vorrichtung oder eine vereinfachte Version kann außerdem für Großserienanwendungen, insbesondere

im Gebiet der Kraftfahrzeuge, verwendet werden. Sie kann dann Vorrichtungen auf LIDAR-Basis ersetzen, wobei lediglich das für die Erfassung von Hindernissen ausgeführte Verfahren verschieden ist.

5

Das Verfahren der Erfassung von Hindernissen muß zuallererst unterschiedliche Situationen in einer Kurve oder auf einer geraden Strecke berücksichtigen. Insbesondere darf keine Warnung ausgegeben werden, wenn ein Hindernis erfaßt wird und dieses Hindernis sich nicht auf der Fahrbahn befindet.

10

Das Verfahren der Erfassung von Hindernissen muß beispielsweise den Geschwindigkeitsvektor des beweglichen Objekts in seiner Umgebung und den Radeinschlagradius berücksichtigen. Diese Informationen werden durch bekannte Mittel, Sensoren, Rechner usw., an die Schaltungen 9 (Fig. 1) übertragen.

15

Die Information "Hindernis voraus" wird in den meisten Fällen in ein einfaches Signal überführt: Warnanzeige auf dem Armaturenbrett, Tonsignal, Anzeige einer Nachricht oder eine Kombination dieser Aktionen.

20

In einer höherentwickelten Version kann das Bild des Hindernisses in einer entsprechend dem Abstand oder der Zeit vor dem Aufprall codierten und von einem Bordrechner bestimmten Farbe auf die Windschutzscheibe projiziert werden, indem die Luftfahrttechniken der "Überkopf"-Anzeige oder "HUD"-Anzeige gemäß der angelsächsischen Terminologie ("Head-Up Device") verwendet werden.

25

30

Die Vorrichtung der Erfindung ist selbstverständlich nicht auf die genau beschriebenen Ausführungsvarianten eingeschränkt.

35

Es können beispielsweise Dioden des Typs Gallium-Arsen/Gallium-Aluminium-Arsen, des Typs Nd:YAG, Mikro-Nd:YAG oder Dioden verwendet werden, die bei der Wellenlänge von 1,5 µm emittieren. Diese Dioden müssen vorzugsweise im Im-

pulsmodus verwendet werden, weil dieser Modus die am einfachsten auszuführende Telemetrie ermöglicht. Es ist ausreichend, die Zeit des Hin- und Rücklaufs eines ausgesendeten Impulses zu messen, wie angegeben worden ist. Es sind jedoch andere
5 komplexere Verfahren vorhanden.

Es ist außerdem angegeben worden, daß das Diasporameter zum Senden und zum Empfangen verwendet worden ist. Diese Anordnung ermöglicht eine zugleich kompakte und einfache Verwirk-
10 lichung. Es können indessen zwei Diasporameter verwendet werden, in dieser Ausführungsvariante ist es jedoch notwendig, daß die beiden Diasporameter in Phase sind, was diese Lösung komplexer macht.

[Patentansprüche]

1. Telemetrievorrichtung, mit Mitteln (1) zum Senden eines Lichtenergiebündels (10) längs einer Beobachtungsachse (Δ) für die Messung von Abständen, die diese Sendemittel von
5 einem Ziel (T, 5) trennen, das wenigstens einen Teil der empfangenen Energie als Echo an die Sendemittel zurückschickt, Mitteln (6-8) zum Empfangen der so zurückgeschickten Energie und Mitteln (9) für die Bestimmung der Abstände; mit einem Diasporameter (4), das mit zwei
10 Prismen (40-41) versehen ist, die zu Drehgeschwindigkeiten in entgegengesetzten Richtungen um die Achse (Δ) angetrieben werden und dem Bündel (10) eine zeitlich veränderliche Ablenkung in der Weise verleihen, das es in einer zur Achse (Δ) senkrechten Ebene eine bestimmte Abtastfigur beschreibt,
15 wobei das ausgesendete Bündel das Ziel (T, 5) gemäß der Konfiguration der Abtastfigur abtastet, dadurch gekennzeichnet, daß sie Mittel für die Bestimmung der Abmessungen und der Form des erfaßten Ziels (5), eine Kamera für die Bestimmung eines Bildes der vom Lichtenergiebündel
20 abgetasteten Umgebung sowie Mittel zum Anzeigen des von der Kamera gelieferten Bildes der Umgebung enthält, um in diesem Bild die erfaßten Ziele, die eine vorgegebene Form besitzen, anzuzeigen.
- 25 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste der Prismen (40) zu einer ersten Drehgeschwindigkeit angetrieben wird und das zweite Prisma (41) zu einer zweiten Drehgeschwindigkeit angetrieben wird, die ein ganzzahliges Vielfaches der ersten ist, und daß die
30 Abtastfigur epizykloidisch ist.
3. Vorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Diasporameter den Sendemitteln (1) und den Empfangsmitteln (6-8) gemeinsam ist
35 und daß sie Mittel (2, 3) zum Trennen der gesendeten Energie von der empfangenen Energie enthält.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangsmittel eine Photodiode (8) enthalten, die die Lichtenergie in ein elektrisches Signal umsetzen; und daß die Trennmittel ein Viertelwellenlängenplättchen (3) und einen Würfel (2) zum Trennen der Polarisierung, die einerseits zwischen den Sendemitteln (1) und dem Diasporameter (4) und andererseits zwischen dem Diasporameter (4) und den Empfangsmitteln (6, 8) angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserquelle (1) ein Spektrum von Wellenlängen aussendet, das auf die Wellenlänge von 0,9 mm zentriert ist.
6. Vorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 3 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandsbestimmungsmittel (9) für die Bestimmung der Abstände das erste empfangene Echo auswählen, das der Sendung jedes der Impulse entspricht.
7. Telemetrievorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem Mittel (9) für die Entnahme der Echos enthält, die Hindernissen (5) eines bestimmten Typs entsprechen.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Entnahmemittel (9) bei der Abtastung plötzliche Abstandsveränderungen erfassen, die größer als ein bestimmter Schwellenwert sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Entnahmemittel (9) dann, wenn jedes zu erfassende Hindernis vom drahtförmigen Typ ist, außerdem die Abmessungen des Hindernisses (5) wenigstens längs einer Meßachse bestimmen und die Echos entnehmen, die diesen Abmessungen entsprechen, welche kleiner als ein bestimmter Schwellenwert sind.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die bestimmten Abmessungen dann, wenn die drahtförmigen

Gegenstände (5) Kabel mit kreisförmigem Querschnitt sind, die Durchmesser sind.

11. Vorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 9 oder 10,
5 dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen in einer zur Beobachtungsachse (Δ) senkrechten, bestimmten Ebene zu den Segmenten (P_i) der Abtastfigur in einer eindeutigen Beziehung stehen.
- 10 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß den Entnahmemitteln (9) Mittel für die Bestimmung der Form jedes der erfaßten Hindernisse (5) zugeordnet sind.
- 15 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß sie Mittel für die Anzeige der Form (D) enthält.

1/5

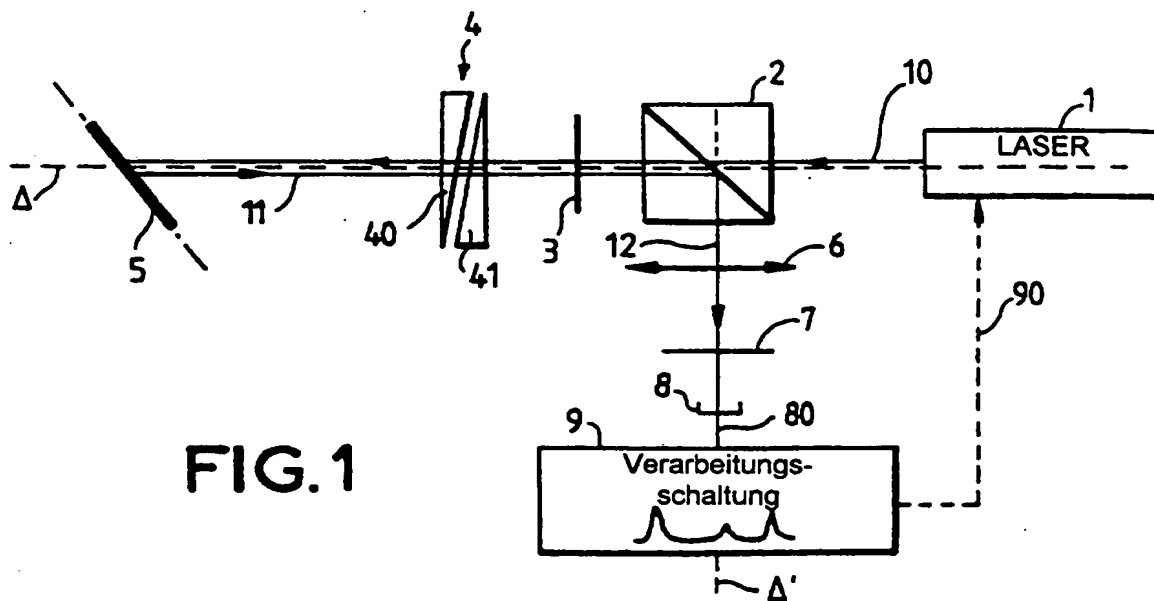


FIG. 1

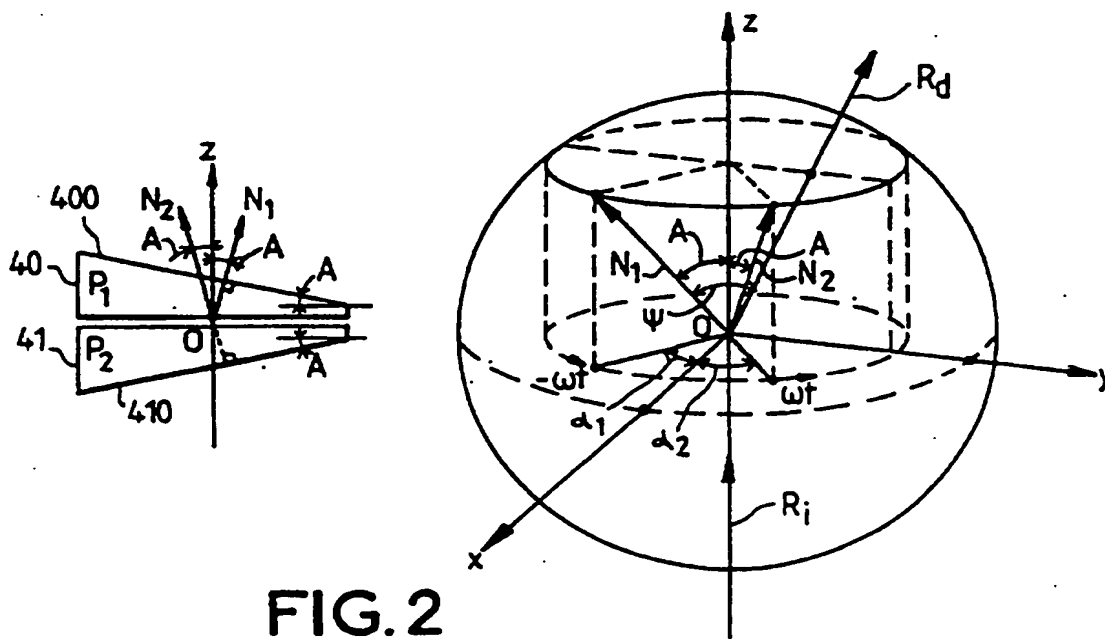
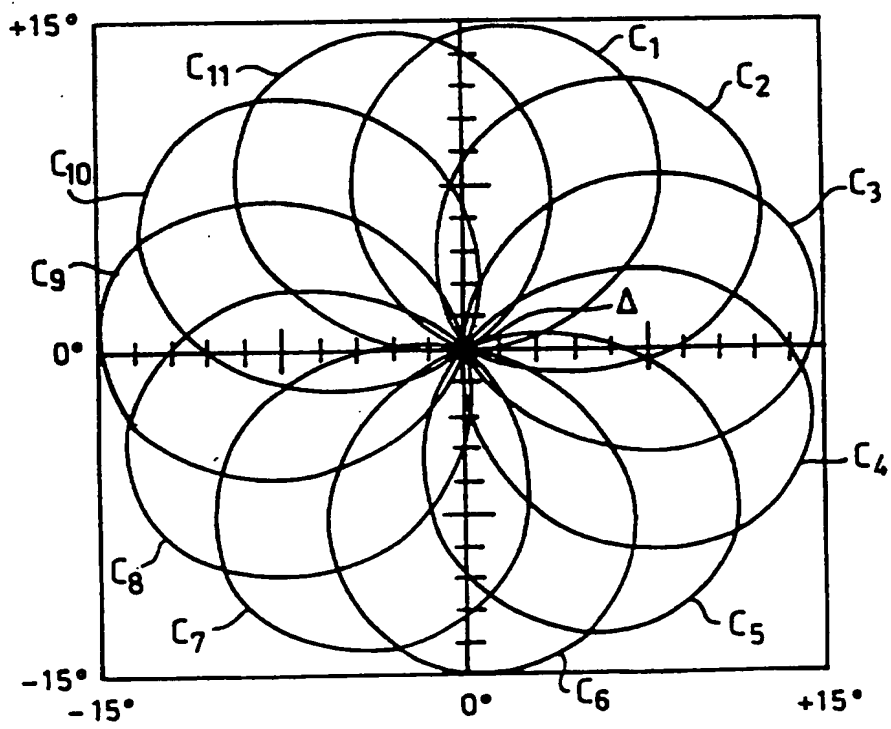
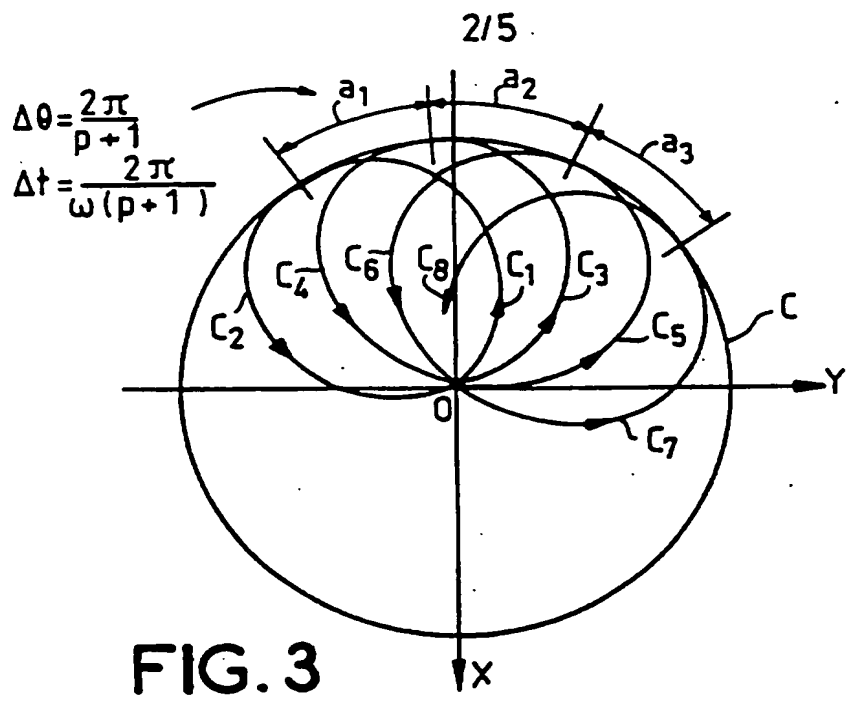


FIG. 2

08.09.97



08.09.97

3/5

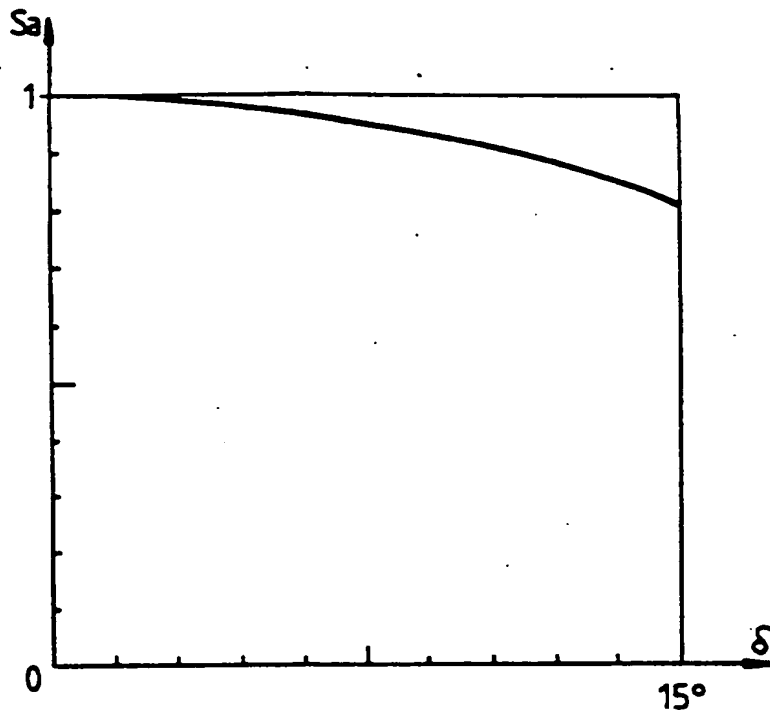


FIG.5

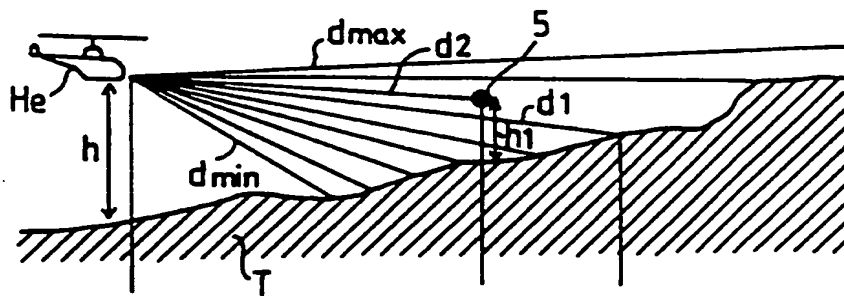


FIG.6

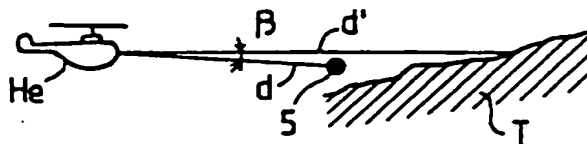


FIG.7

08.09.97

4/5

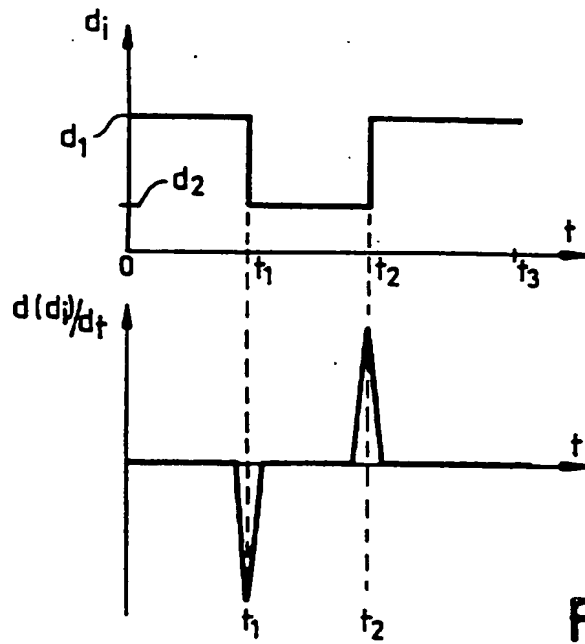


FIG.8

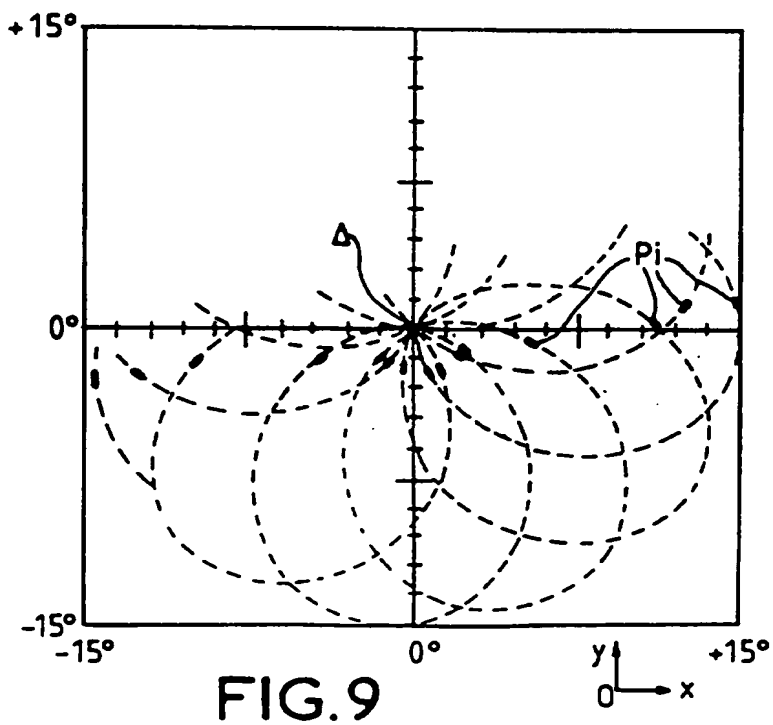


FIG.9

08.09.97

5/5

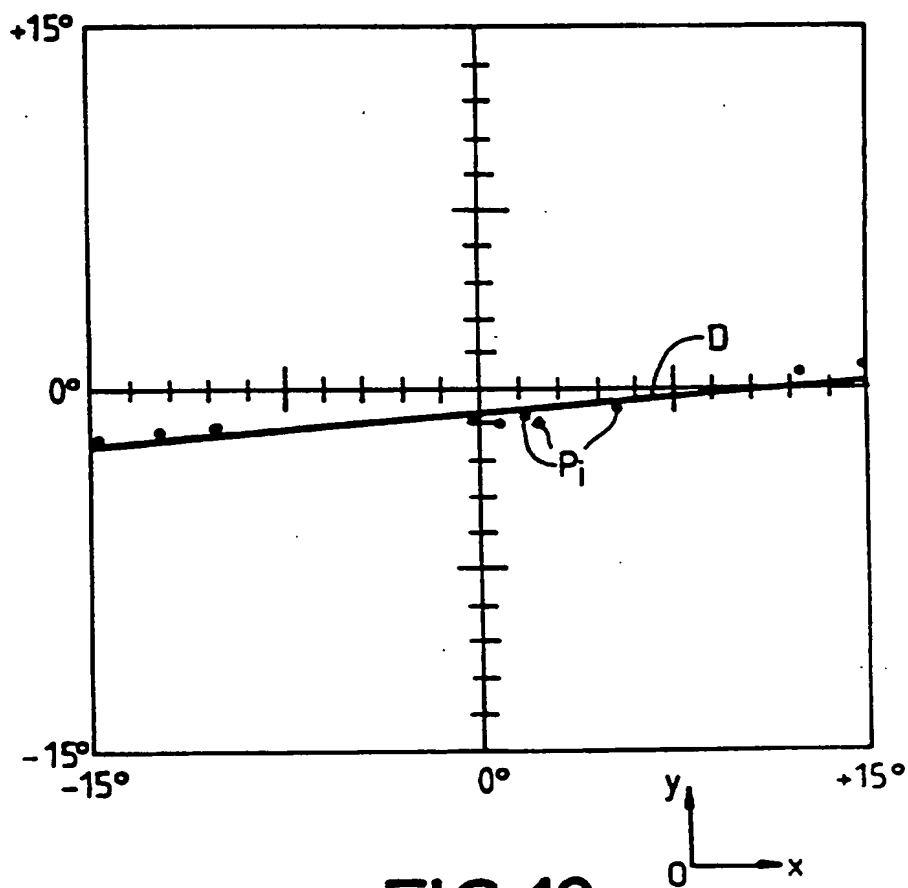


FIG.10